I Want To Know About

SOUND

أريد أن أعرف عن الصوت







قرص هدية

Learning

المحتويات
Contents

www.digital-future.ca

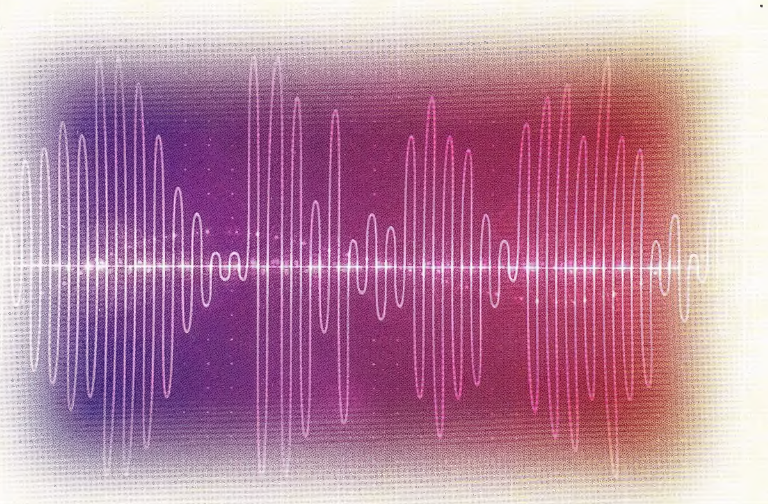
Riyadh, Tel: 966-1-4623049

Beirut, Tel: 961-1-856656

Printed in China

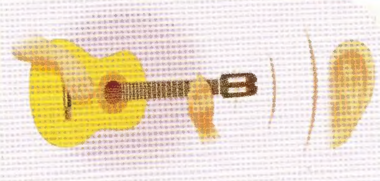
مقدمة
Introduction

الصَّوت أحد أنواع الطاقة التي تنشأ عن طريق الاهتزازات، فعندما يَهتزُّ جسمٌ ما يُحدِثُ حركةً في جُسَيمات الهواء، وعند ذلك تصطدم هذه الجُسَيمات بالجُسَيمات المجاورة لها، والتي تجعلها تتذبذب أيضاً، وتَصطدِمُ بجيرانها من الجُسَيمات، وهكذا إلى ما لا نهاية. تُسمَّى هذه العملية بـ «الموجات الصوتية»، وتظلّ مستمرةً في شكل مُتتالٍ حتى تنفَدَ منها الطاقةُ تماماً، فلا تستطيع أن تَصطدِم بأيِّ جُسَيمات أخرى، فتَتوقَّف عن إحداث الصوت. ولذا، فإذا كانت أُذن المرء تقع في نطاق هذه الذبذبات، فسوف يتمكّن من سماع الصوت. والصوت هو موجة ذات ضغط مُتغيِّر بسُرعة كبيرة داخل بيئةٍ ناقلة. وعندما يَحدُث الاهتزاز السريع الواقع تحت ضغط ما، بين 20 و 20000 مرة في الثانية، فإنه يمكن سماع الصوت في هذه الحالة بشكلٍ واضح. يمكن تعريف الصوت أيضاً بأنَّه موجة ميكانيكية تَنتُج عن ذبذبة جُسَيمات الأداة الناقلة المتأرجحة ذهاباً وإياباً في الهواء، والتي من خلالها تتحرَّك الموجات الصوتية، فإذا كانت الموجات الصوتية تتحرَّك من اليسار إلى اليمين عَبر الهواء، فإنَّ جُسَيمات الهواء سوف تتحرَّك في وجود فراغات فيما بينها باتِّجاه اليمين واتِّجاه اليسار، كُلّما مرَّت من خلالها طاقة المَوجات الصَّوتية، وتتوازى حركة الجُسَيمات مع اتجاه نقل الطاقة، وهذا ما يُميِّز المَوجات الصَّوتية في الهواء، حيث تُعرَف بأنها موجاتٌ طُوليّة.



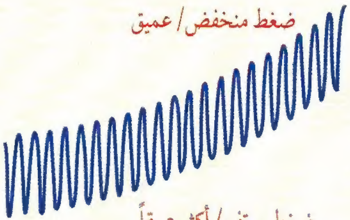
ويَهدف هذا الكتاب إلى تزويد القارئ بأساسيَّاتٍ مَعرفيّةٍ عن الصوت، وبطريقةٍ مألوفة له، حيث يقوم بتوضيح المفاهيم المتنوِّعة المتعلِّقة بالصوت مثل: التعرُّف على طبيعة الموجات الصوتية، والمَدَى الصوتي، وغير ذلك من المفاهيم، كما أنَّ وجود الصور والرُّسوم التوضيحية بجوار العناوين، يزيد من درجة الإيضاح والتشويق، ويجعل الكتاب أكثر متعةً في القراءة.

ما هو الصَّوت؟
What is Sound?



تؤدي الذبذبات إلى جعل الهواء الذي يتحرك حولنا متذبذباً، ومن ثمَّ تدخل هذه الذبذبات آذاننا، فنسمعها على شكل أصوات.

يتكوَّن الصوت من مجموعةٍ من الذّبذبـات الصوتيّة، تُشـكِّلُ نوعاً من الطاقة تنتج عن حركة هذه الذبذبات. وفي الغالب؛ فإنّ الأصوات التي نسمعها تمرُّ عَبْر الهواء الّذي يتذبذب بطريقـةٍ معينةٍ، ناقـلاً مجموعة من الموجات والذبذبـات الصَّوتيّة لأيِّ جسـم يقابـلُه. وعندما يقـوم أيُّ جسمٍ بالاهتزاز؛ فإنّ ذلك يُؤدّي إلى نقل الحركة إلى جُسيمات الهواء، التي تصطَدِم بدَورها بالجُسيمات الأخرى الملاصِقــة لها، الأمر الّذي يجعلها تهتزُّ وتصطدم بـــالجُسَيمات الأخرى المجاورة لها إلى ما لا نهاية، حـــيثُ تظل مستمرّةً في هذا التسلسل حتى تنفَدَ منها الطاقةُ تماماً، وهو ما يُسمَّى بـ«الموجات الصوتية». وتجدُر الإشارة أنّه في حال كانت أُذن المرء تقع ضمن نطاق هذه الذَّبذبات والاهتزازات، فإنه سيتمكّن من سماع الصوت بـوضوح. تقوم الموجات الصوتية المتكرّرة بشكلٍ غير منتظمٍ بإحداث الضوضاء، في حين تقوم الموجات المنتظمة المتكرّرة بـــإصدار نوتاتٍ وأنغامٍ موسيقـــية. وعندما تزيد سرعة هذه الذبذبــــات تُصدِر نوتاتٍ عالية الصوت، وكلما انخفضت شدّة هذه الذبذبات، كلما صدرت عنها أصواتٌ منخفضةٌ.



ينتقل الصوت أسرع في ظروف الضغط المرتفع.

تعريف الصوت

الصوت هو أحد أشكال الطاقة التي تنتشر من خلال الحركة المتأرجحة ذهاباً وإياباً للجُسيمات في بيئة ناقلة. والحركة المتغيرة ذهاباً وإياباً لهذه الجسيمات تقوم بإصدار ذبذباتٍ متنوعةٍ، يمكن كشفُها عن طريق الأعصاب السمعية، حيث تمدُّ المرءَ بإحساس السَّمْع. ويُشبه الصوتُ الضوءَ في بـعض الجوانب منها: أنه يتحـرّك مُنطَلِقـاً من مصدر معين، مثل الضوء تماماً حينما ينبعث من الشمس أو من مصباحٍ كهربائي. ولكن هناك بعض الفروق المهمة بين الضوء والصوت أيضاً، فكلنا يعرف أن الضوء يمكن أن ينتقل خلال مساحات فارغة، لأن ضوء الشمس يقطع مسافات شاسعةً عَبْر الفضاء، ليصل إلينا على سطح الكرة الأرضية، إلا أنَّ الصوت لا يمكنه الانتقال في هذه المسافات الشاسعة بمثل حركة الضوء، حيث يحتاج -دائماً- إلى ناقلٍ (وسيط) يتحرك من خلاله مثل: الهواء أو الماء أو الزجاج أو المعدن. ويُمكن أن ينتقل الصوت في الماء بشكل أسرع أربع مرات من سرعته في الهواء.

التجربة الأولى

الهدف من التجربة : الحصول على ماسك صوتي.

المواد المطلوبة:

1 - شريط لاصق 2 - أنبوب مصنوع من الكرتون

3 - قطعة من ورق الجرائد

إجراء التجربة:

1



قُمْ بربط قطعةٍ من ورق الجرائد بشكلٍ أملس فوق أحد طرفي أنبوبٍ مصنوعٍ من الكرتون.

2



قُمْ بوضع شريط لاصق فوق ورق الجرائد لكي تُحكم رَبْطَه فوق الكرتون، بحيث يصبح مشدوداً ومُسطّحاً.

3



ضَعْ أصابعك فوق طرف قطعة ورق الجرائد.

4



قُمْ بالغناء في الطرف الآخر المقابل في نهاية أنبوب الكرتون.

النتيجة: إنّ الصوت الذي تُصدِره سيقوم بإحداث ذبذباتٍ عَبْر الهواء داخل الأنبوب المصنوع من الكرتون، مما يجعل ورق الجرائد يهتز.

هل تعلم؟

- يُمكن أنْ يحدُث الصوت فقط عندما يتذبذب جسمٌ ما، وتنتقل ذبذبات الصوت هذه ذهاباً وإياباً.
- لا يمكن أن ينتقل الصوت عبر فضاء مُغلَقٍ، حيث لا يوجد هواءٌ يتمدّد أو يتمّ ضغطه فيه.

مدى الصّوت

Sound Range

تنشأ معظم الأصوات عن طريق مجموعاتٍ من الإشارات، ولكن يمكن وصف الصوت النقي جدّاً بـأنه يتمتّع بسرعة مُعيَّنة من الذبذبة والتردُّد الذي يتم قياسُه باستخدام وحدة الهرتز ، والتي يُشار إليها إختصاراً بـالرمز (Hz)، في حين يمكن قياس سِعَة الطاقة بمقياس على مستوى الديسِّيبيل ، وهي وحدةٌ لقياس التفاوت في منسوب قدرتين أو طاقتين، أو التفاوت بين شدَّتي الصوت. ويمكن القول أن مقدار الصوت الذي يمكن أنْ تتحمّله أُذُن الإنسان وتسمعه بوضوحٍ يقع بين 20 هرتزاً، و20 كيلو هرتزاً (KHz) على سِعة نموذجية بمساحات عرضية مختلفة في مُنحنِيّات الاستجابة. ويقوم البشر - بالإضافة إلى بعض الحيوانات - باستقبال الصوت من خلال حاسّة السّمع عن طريق الأُذن، ولكن بعض الأصوات منخفضة التردُّد، يمكن أن يتمَّ الشعور بها من خلال بعض أجزاء الجسم الأخرى غير الأُذن. ويتمُّ استخدام الأصوات في أغراضٍ متعددة أهمُّها على الإطلاق: استخدام الأصوات لإتمام التواصل من خلال الكلام، أو استخدامها في الموسيقى على سبيل المثال، كما يمكن استخدام إدراك الصوت أيضاً لجمع معلومات عن البيئة المحيطة لبعض الخصائص مثل: المميزات المكانية، ووجود الحيوانات والأشياء، فعلى سبيل المثال: تستخدم الخفافيش آليّة من آليّات تحديد المواقع بالصدى للطيران، في حين تَستخدم السُّفن والغواصاتُ السونار ، وهو جهاز مخصّصٌ لاكتشاف وجود الأشياء أو موقعها تحت الماء، بواسطة موجات صوتية تنعكس من الأشياء إلى السونار. ولا تستطيع الأُذن البشرية التقاط الأصوات الأقلّ من 20 هرتزاً، ومن المعروف أنَّ التردّدات الأقل من 20 هرتزاً تسمى الأصوات دون السمعية، في حين تُدعى تلك التي تكون فوق 20000 هرتز بالأصوات فوق السمعية.

صوت دون سمعي

(صوت ذو تردد أدنى من إمكانيات الأذن البشرية على السماع).

صوت فوق سمعي

(صوت تبلغ تردد موجاته الصوتية حدًّا أعلى من إمكانيات الأذن البشرية).



يدرس العلماء الصوت ويصنِّفونه تحت حقل الصوتيّات، أمّا الكَمُّ من تصَوُّر الصوت- أيْ من السمع -فتتمّ دراسته في علم النفس السمعي، والذي يتضمّن أيضاً العلاقة الوثيقة بين التصوّر وعلم النفس، وتتم مناقشة الأصوات التي يمكن سماعها داخل مجموعة من النماذج، تدخل في إطار ما يسمّى بِـ«علم النفس السَّمعي». علاوةً على ذلك، فإنّ مجموعة الأساليب والطرق التي تُستخدَم في عمليات معالجة الصوت تُسمَّى دائماً طرق معالجة الإشارات الصوتية. ويختلف مدى السمع من حيوان إلى آخر، حيث نرى فيما يلي بعض الترددات النموذجية الخاصة ببعض الحيوانات بِـ«الهرتز» على الشكل التالي:

الخفاش: 100-100000 هرتز.

الكلب: 10-35000 هرتز.

الفيل: 1-20000 هرتز.

الضفدع: 100-2500 هرتز.

الإنسان: 20-20000 هرتز.

هل تعلم؟

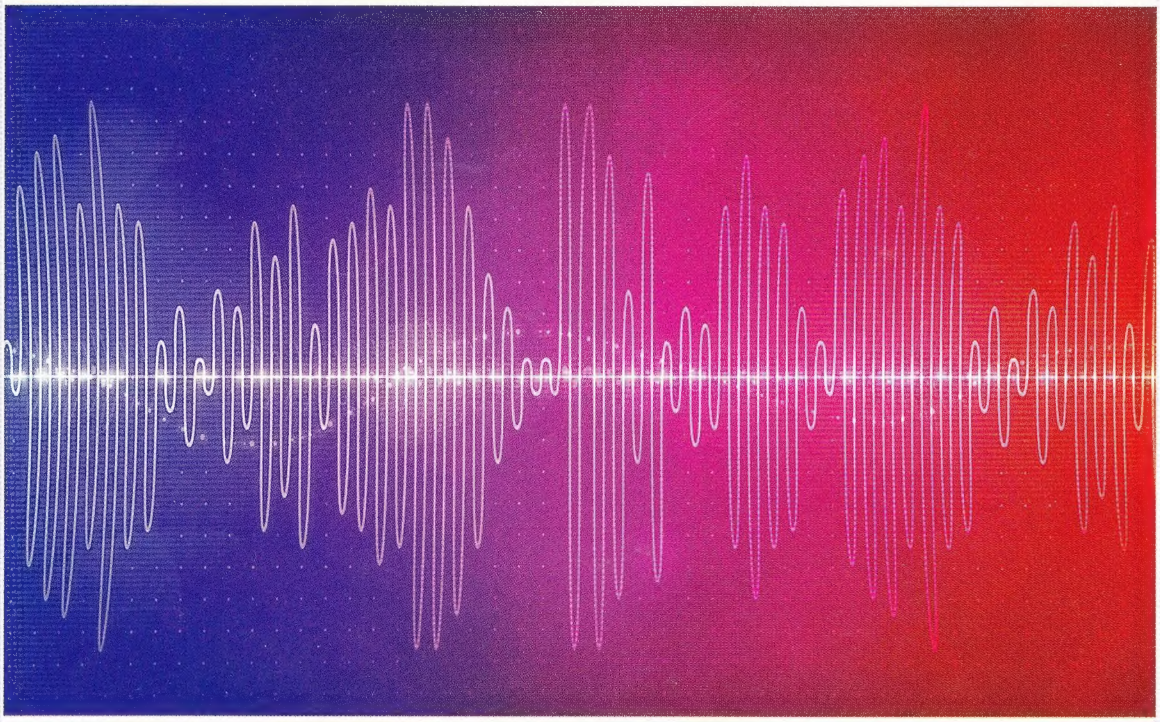
- ينتقل الصوت في الهواء بسرعةٍ تصل إلى قرابة 335 متراً في الثانية.



تتمكن بعض الحيوانات كالأفيال من التواصل على امتداد مسافات شاسعة من خلال موجات صوتية منخفضة المَدَى.

الموجات الصَّوتيّة
Sound Wave

تتواجد الموجات الصوتية على هيئة مجموعة متنوّعة من الضغط داخل وسط ناقل أو وسيلة ناقلة مثل الهواء. وتَصدُر هذه الموجات الصوتية نتيجةً للذبذبات الناتجة عن جسمٍ ما، بشكل يجعل الهواء الواقع حول هذا الجسم يبدأ بإصدار هذه الذبذبات، ويقوم الهواء المتذبذب بجعل طبلة أذن الإنسان تبدأ بالاهتزاز هي الأخرى، حيث يقوم الدماغ بترجمة ذلك إلى أصوات. والواقع أنّ هذا الأمر هو أحد أشكال التشويش الذي تُسبّبه حركة الطاقة المنقولة عَبْر مادة ناقلة مثل: الهواء أو الماء، أو أي مادة في صورة سائلة أو صُلبة، عندما يَنتشر بعيداً عن مصدر الصوت. وهذا المصدر هو أي شيء يُسبّب الاهتزاز، مثل جرس الهاتف الذي يرنُّ، أو أحبال الإنسان الصوتية، حيث تقوم الذبذبات بإثارة الجُسَيمات في المادة الناقلة المحيطة، ومن ثَمَّ تقوم هذه الجُسيمات بنقل نفس الحركة إلى الجُسيمات المجاورة لها وهكذا. ويقوم هذا الشكل من التشويش على إحداث حركة خارجية في صورة مَوْجَة مثل موجات مياه البحر في المحيط، في حين تقوم الموجة الصوتية بنقل الطاقة الصوتية من خلال الوسيلة الناقلة في كل الاتجاهات، مع تقليل شدة الصوت كلما بَعُدَ عن مصدره.



ينشأ الصوت في نقطة ما، ثم ينتقل في قوة متساوية في كل الاتجاهات.

وتتمتّع الموجات الصوتية بنفس المميّزات والخصائص التي يتمتّع بها أي نوعٍ آخر من الموجات، حيث تمتاز كل الموجات الصوتية بالطول والتردّد والسرعة والسّعة المتساوية مع حجم الموجة، لدرجة أننا نجِد أنه من السهل على المرء أن يقيس ضغط الموجة أكثر من قياس شِدّتها، ويتمُّ قياس هذا الضغط باستخدام وحدات قياس تُسمّى «باسكال»، وحيث أن الباسكال هي وحدةٌ كبيرة بدرجة ملحوظة لقياسات ضغط الصوت، فقد أصبح البعض يُفضّل استخدام وحدة المايكروباسكال (µPa)، وهي وحدة قياس تساوي واحداً في المليون من وحدة الباسكال. وأكثر الأصوات الهادئة التي يمكن أنْ يسمعها أحد الأفراد الراشدين يكون لشخص من مُتوسّط فئة الـ 18 سنة العمرية، بحيث لا يعاني الفرد فيها أي مشاكل صحية ولا يكون لديه أي تاريخٍ مَرَضيّ بخصوص أمراض الأذن، بل ويتمتّع بطبلة أذن طبيعية، تقع تحت ضغط 20 ميكروباسكال (20µPa)، وقد شكّل هذا المستوى القاعدةَ الأساسية لقياس ضغط الأصوات المسموعة الأخرى الأكثر شيوعاً في البيئة المحيطة.



تقوم الأدوات السمعية بإرسال موجات صوتية لاستكشاف المحيط.

التجربة الثانية

الهدف من التجربة: تنفيذ نموذج من الموجات الصوتية.

إجراء التجربة:

المواد المطلوبة:

1- خيط 2- مسطرة 3- مقص 4- شريط 5- علاّقة ملابس 6- ست كرات معدنية صغيرة يمكن تعليقها

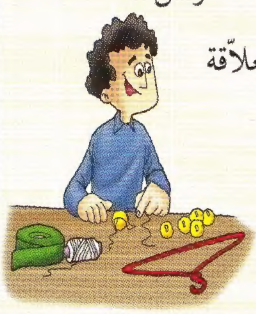
1

قُمْ بقَطع ست قطعٍ من الخيط، بحيث يبلغ طول كل قطعة منه 25 سم، ثم اربط نهاية كل قطعةٍ من هذه الخيوط بإحدى الكرات الصغيرة الست، باستخدام شريط لاصق.



2

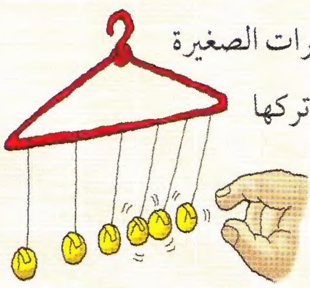
قُمْ بعد ذلك، بربط الطرف الآخَر من هذه الخيوط بالعارض الأفقي لعلاّقة الملابس، تاركاً حوالي 3 سم تفصل بين كل كرة وأخرى، ثم قُم بتعليق رأس علاّقة الملابس في حامل ستارة الحمام.



3

قُمْ بشَدِّ إحدى هذه الكرات الصغيرة المتدلّية إلى الخلف، ثم اتركها تتحرّك إلى الأمام بحيث تصطدم بالكرة التي تليها.

لاحِظ ما سيحدث، إنها تصطدم بالكرة الثانية، الأمر الذي يجعلها تتأرجح، لتصطدِم بالكرة الثالثة، ثم باقي الكرات.. وهكذا.



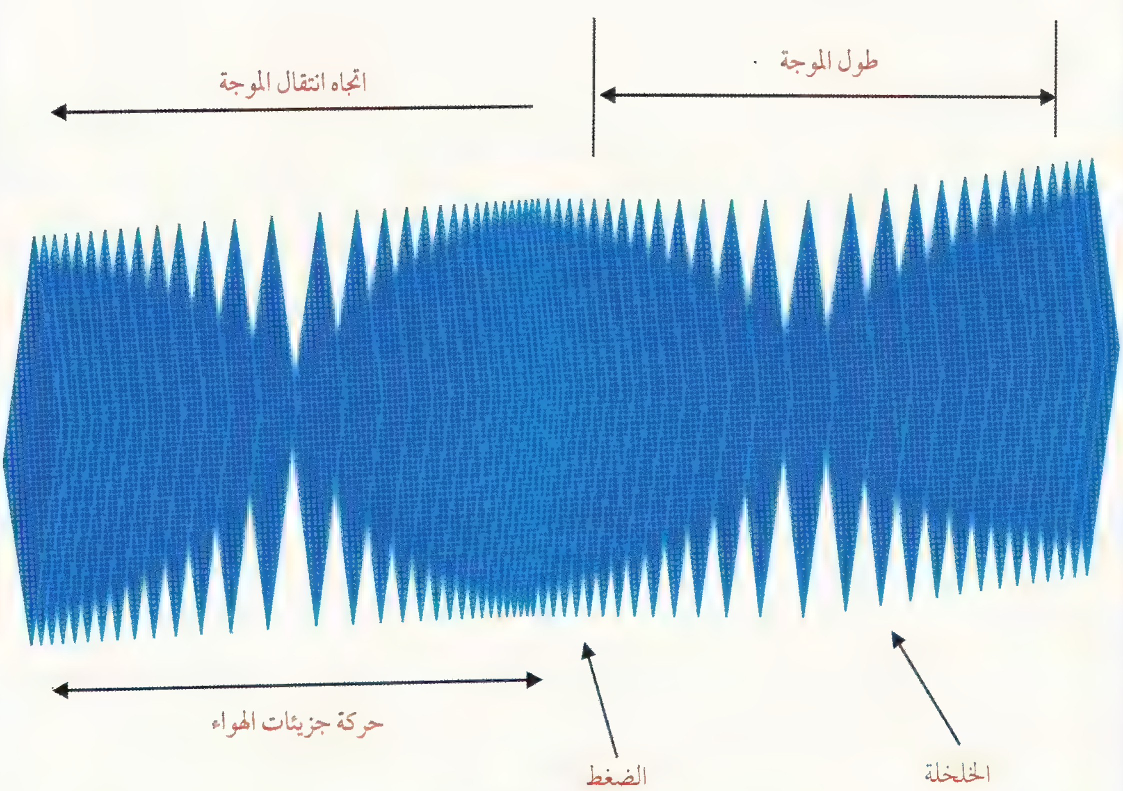
النتيجة: ينتقل الصوت في الهواء بنفس الطريقة، حيث يدفع الاهتزاز أحد جزيئات الهواء فيقوم بالحركة، وبالتالي يقوم بالاصطدام بجزيء آخَر تالٍ له، فيقوم هو الآخَر بنفس حركة الجُزيء السابق، ويصطدم بالجزيء التالي له وهكذا.

هل تعلم؟

- ينتقل الصوت في الهواء بنفس الطريقة التي تنتقل بها موجات الماء في البحر.
- عندما تنتقل الموجات الصوتية في المواد السائلة والمواد الصُّلبة، فإنها تتغير.

الموجات الطولية

تتوازى درجة إزاحة الجُسَيمات في الموجات الطولية مع اتجاه انتشار الموجة. وبعبارة أخرى، تُشكّل الموجات الطولية إحدى أنواع حركة الموجة، التي تتذبذب فيها الجُزيئات الفردية للأداة الناقلة، بالتوازي مع الاتجاه الذي تنتقل فيها الموجة نفسُها. ويمكن أن تنشأ الموجة الطولية على شكل موجات غير مستقيمة، وخاصةً عندما تكون هذه الموجات ممتدّة إلى الأمام في اتجاه أفقيّ. والملفات الأولى من هذا الشكل تتذبذب بشكلٍ أفقيّ أيضاً. وفي مثل هذه الحالة، فإنّ كل دورة منفردة من الأداة الناقلة، تبدأ بالحركة المتذبذبة في الاتجاه الموازي للاتجاه الذي تنتقل فيه الطاقة، ويمكن القول بأنّ جزيئات الأداة الناقلة تتمّ إزاحتها في اتجاه مُوازٍ لاتجاه نقل الطاقة. والموجات الصوتية هي موجات طولية، حيث تتمّ إزاحة جزيئات الهواء إلى الأمام وإلى الخلف، على نفس المحور الذي تنتقل الموجات على امتداده. فلو افترضنا أنَّ الموجات الصوتية كانت تنتقل باتجاه الجنوب، فإنّ الصوت الناتج عنها سيجعل جزيئات الهواء تتذبذب في اتجاه الشمال والجنوب. وخير مثالٍ على ذلك: ما يحدث لموجة ما على طول زنبرك عندما يتمّ ضغط أو جَذْب أحد طرفيه بشكلٍ مفاجئٍ، قبل إطلاقه. ومن الأمثلة الأخرى: الموجات الصغيرة التي يشاهدها المرء في بحيرة من الماء.

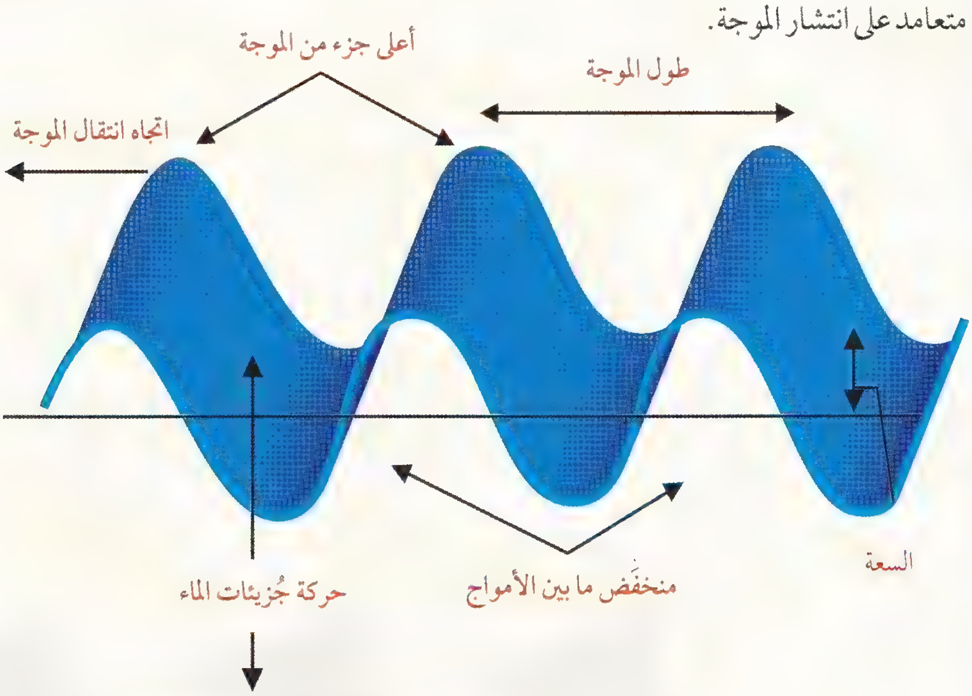


موجة طولية

الموجات المستعرضة

الموجة المستعرضة هي واحدة من الموجات التي تكون فيها حركة الأداة الناقلة عموديةً على حركة الموجة الصوتية نفسِها. إنها أحد أنواع الطاقة التي تستثير الأداة الناقلة نفسَها، والتي تنتقل من خلالها، حيث تقوم الموجات المستعرضة بالذبذبة عَبْرَ طريقة ثنائية الأبعاد، إذ يمكنها أن تتذبذب بشكل أفقي، وهذا يُشير إلى تمتُّعها بوجود أقطاب لها.

وتندَرِج الموجات الكهرومغناطيسية تحت هذا التصنيف. ولفهم ذلك، تخيَّلْ وجود هذه الموجة فوق مِنضَدة، وقُمْ بتحريكها نحو اليسار ونحو اليمين، أو إلى أعلى أو أسفل، ستجدها تقوم بتمثيل هذا النوع من انتقال الصوت. وتنتقل الطاقة من هذه الموجات كطاقة ميكانيكية، فعلى سبيل المثال: تُعرَف موجات الماء بأنها موجاتٌ مستعرضة، حيث تنتقل إلى أعلى وإلى أسفل، أو على امتداد زاوية قائمة للاتجاه الذي تنتقل فيه هذه الموجات. والموجات المستعرضة هي موجات تتمتّع بمستوى إزاحة 90 درجة لاتجاه انتشار الموجة، حيث تقوم هذه الموجات بإحداث صوتٍ في اتّجاهٍ مختلف، خاصةً وأنها تنتقل في اتجاه واحد. وأشهَر الأمثلة على هذا النوع من الموجات: الموجات السطحية للماء. وحيث أن الموجات تنتقل في اتجاه واحد، ولنفترض مثلاً أنه الجنوب، فإنها تقوم بإحداث حركة إلى أعلى وأسفل فوق سطح الماء ليس باتجاه الجنوب علياً ولا باتجاه الشمال، بل بالاتجاهين معاً. ويُمكن أن تنشأ الموجات المستعرضة في الغازات والمواد السائلة، لأنه لا توجد آلِيةٌ لنقل الحركة بشكل متعامد على انتشار الموجة.



موجة مُستعرَضة

التجربة الثالثة

الهدف من التجربة: صنع صندوق للصوت.

المواد المطلوبة:

1- صندوق أحذية 2- أربطة مطاطية 3- قطع إضافية من ورق الكرتون

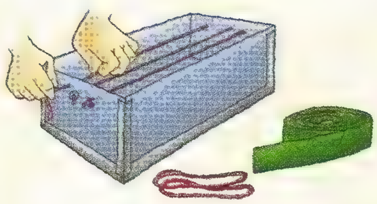
إجراء التجربة:

1



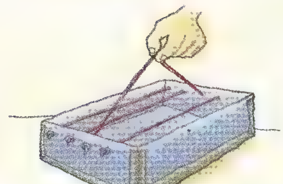
قُمْ بلصق قِطَع الكرتون الصغيرة إلى قاع وزوايا الصندوق لتقوية جوانبه.

2



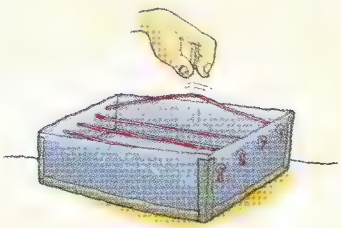
قُمْ بثَقْب طرفي الصندوق وإدخال الأربطة المطاطية بينهما، ثمّ قُمْ بشدّ هذه الأربطة.

3



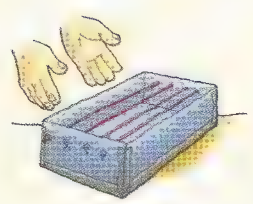
استَخْدِمْ أطراف أصابعك لتجذب كل قطعة من الأرِبطة المطّاطية على حِدة، ثم استَمِعْ إلى الأصوات الصادرة عن الشَّد.

4



استَخْدِمْ أصابع إحدى يديك لتقوم بشَدِّ أحد الأربِطة المطّاطية، ثمّ قُم بالنَّقْر وشَدِّ بقية الأربطة.

5



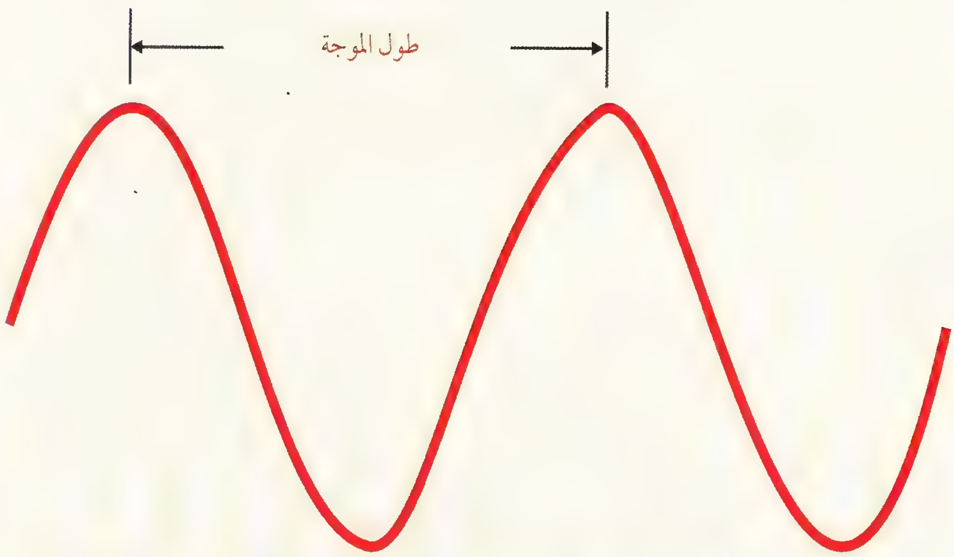
قم بترتيب الأربطة المطّاطية في شكلٍ متتالٍ بدءاً من أعلى هذه النوتات الموسيقية إلى أخفضها صوتاً.

النتيجة: تتذبذب الأربطة المطاطية عندما يتمُّ نقرُها، ولكن يُلاحظ أن الأربطة المطاطية العريضة تتذبذب ببطء، ومن هنا تُصدِرُ نوتاتٍ موسيقية منخفضة الصوت، في حين تتذبذب الأربطة المطّاطية الرفيعة بشكلٍ أسرع، لكي تُصدِرُ نوتات موسيقية عالية. أما الأربطة المطاطية المُتراخِية فتُصدِر ذبذبات أكثر بُطأً من الأربطة المشدودة، والتي تتساوى معها تماماً، من حيث العرض.

الطول الموجي

يُطلق على طول الموجة مُصطلَح «الطول الموجي»، وهو خاصيةٌ من خصائص الموجة، والتي تُمثّل المسافة الواقعة بين نقطتين متطابقتين من موجتين متتاليتين. إنها المسافة الأفقية بين أيِّ نقطتين متعادلتين متتاليتين فوق الموجة، وهذا يعني أنّ الطول الموجي هو الطول الأفقي لأي دورة من دورات الموجة.

وإذا ما فكّر المرءُ بخصوص الأمواج في المحيط، فإنّ طول الموجة هو المسافة التي تبدأ من قمة أيِّ موجة منها، إلى قمة الموجة التالية. من هنا، فإنّ ارتفاع الموجة في المحيط -وخاصةً تلك التي نراها على الشاطئ- يبلغ عادةً حوالي 10 أمتار، أو أطول من ذلك، في حين أنّ الموجات الصوتية التي يتَمكَّن البشر من سماعها، يتراوح طولها بين 2 سم و17 متراً. إلى جانب ذلك، توجد علاقةٌ عكسيةٌ بين طول الموجة ودرجة تردّدها، فكلما زادت درجة تردُّد الإشارة، كلما كانت الموجة أكثر قصراً.



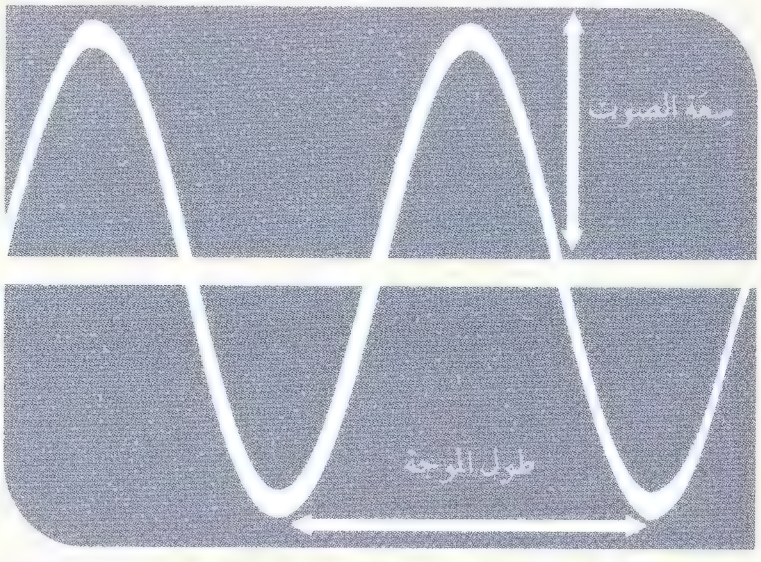
إنّ طول أي موجة هو المسافة الممتدة من أعلى نقطة في موجة ما إلى أعلى نقطة في الموجة التي تليها.

وإذا افترضنا أنّ الرمز (b) الذي يشير إلى تردّد الإشارة الصوتية، يتم قياسه بِـ«الميغا هرتز»، والرمز (W) الذي يشير إلى طول الموجة، يتمّ قياسه بالأمتار، تكون المعادلة الصوتية على هذا الشكل: $b = 300/W$، كما تكون أيضاً بشكلٍ عكسي ($W = 300/b$)، وأحياناً يتم التعبير عن طول الموجة بالحرف اليوناني (λ) المسمّى بِـ«اللامبدا».

سِعَة الصَّوت

Amplitude of Sound

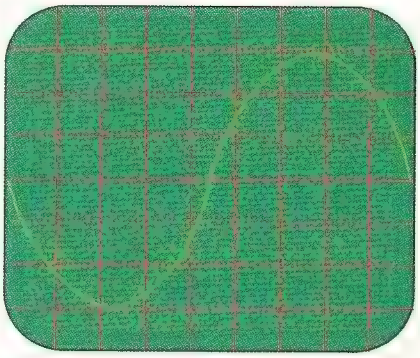
سِعَة الصوت هي القياس الموضوعي لدرجة التغيّر (سواءٌ أكانت إيجابية أم سلبيّة) في الضغط الجوي (ضغط وخلخلة جُزيئات الهواء)، التي تُسبِّبُها الموجات الصوتية. والموجات الصوتية ذات السِّعة الكبيرة، تُؤدّي إلى وجود تغيُّرات كبيرة في الضغط الجوي، بحيث تُحوِّلُه من ضغط مرتفع إلى ضغط منخفض. وتشكّل السِّعَة الصوتية -في أغلب الأحيان- أحد المقاييس المقارنة، حيث يتواجد في نهاية الموجات الأقل سِعَة بعض جُزيئات الهواء، التي تكون في حركة دائمة، كما تتواجد في نهاية الموجات الأكثر سِعةً كمّية ضغط شديدة مع خلخلة بشكل محدود. ويمكن ملاحظة سِعَة الموجة الصوتية من خلال قياس الارتفاع بين القمة (أعلى مكان في الموجة)، والمُنخفَض (القاع أو أكثر أجزاء الموجة انخفاضاً)، فعندما يصدر صوتٌ مرتفعٌ، تكون الموجة عاليةً، والسعة كبيرةً جدّاً، والعكس صحيح بالنسبة للموجات ذات السِّعة الصغيرة التي تَصدُر عنها أصواتٌ أكثر نعومةً وهدوءاً. وتجدر الإشارة أن الديسيبيل هو وحدة القياس العلمية لقياس شِدّة الصوت، حيث تبلغ شِدّة أكثر الأصوات هدوءاً التي يُمكن للإنسان أنْ يسمعها نقطة الصفر. أما عندما تكون درجة الصوت مُرتفِعةً بقدر الضِّعْف، فإنّ مُعدّل الديسيبيل يرتفع ست مرات. ويقوم البشر بالتحدّث عند درجة 6 ديسيبيلات في الحالات الطبيعية. وبما أنَّ الصوت هو موجة مضغوطة، فإنّ سِعَة هذه الموجة تتناسب مع شدّة ضغطها، وخاصةً عند مقارنته بمناطق أقلّ ضغطاً، ولذا فإنه يُطلَق عليها أحياناً «سِعَة الضغط».



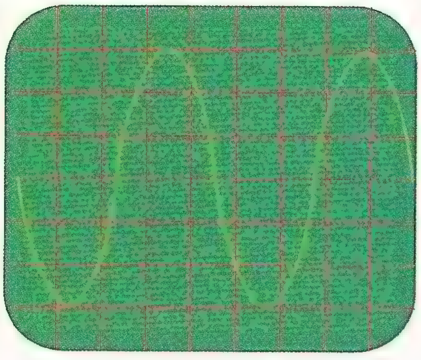
يتم التعبير عن سعة الصوت من خلال ارتفاع الموجة.

تردّد الموجة الصوتيّة

إنَّ تردُّد الموجة الصوتية هو عدد الذبذبات التي يقوم بها الجسم المتذبـذِب في ثانيةٍ واحـدة. وتردُّد الصوت هو النسبــة التي تجتاز عندها الموجاتُ نقـــطةً معينةً، وهو أيضاً تلك الدرجة التي تبـــدأ عندها آلة الغيتار أو مُكبِّر الصوت بالذبذبة. والجدير بـالذكر أن كل دورة من الصوت لها تكثيفٌ واحـدٌ فقـط، وهو منطقـة من الضغط المرتفع، ودرجة واحدة من الخلخلة، حيث يكون ضغط الهواء فيها أقـلّ بـدرجة بسيطة من الضغط الطبيعي. ويتمّ قياس تردُّد الموجات الصوتية بـالهرتز (Hz) الذي يُشيـر إلى عدد الدورات التي تجتاز نقـاطاً معينةً في كل ثانية، فلو افترضنا أنَّ الرسم البياني لصوت المتحدِّث يتذبذب ذهاباً وإياباً على تردُّد يبلغ 900هرتز، لكان هناك 900 درجة من التكثيف يتمّ توليدها كل ثانية، وكل واحـــدة من هذه الدورات تتبـــعها خلخلة، مُكوِّنةً موجةً صوتيةً يبـلغ تردُّدها 900 هرتز. إلى جانب ذلك، يعتمد تردّد الصوت على سرعة حـركة الموجة الصوتية وعلى طول الموجة الصوتية أيضاً. ومن المعلوم أنَّ الموجة الصوتية والتردُّد يتناسبان عكسيًّا مع بعضهما البعض، حيث تعني الموجات الصوتية الأقـصر نسبـــة تَردُّد أعلى، في حـــين أنَّ الموجات الصوتية الأطول، تعني تردُّدات أكثر انخفاضاً. أما الموجات الصوتية التي يبلغ طولها الموجي حوالي 34 سم، فإنّ تردُّدها يبلغ حوالي 1000 هرتز. والهرتز يقـيس موجةً صوتيةً في كل ثانية، ولذا فإنّه من الممكن أنْ يدخل أُذُنَ الإنسـان ألفُ موجة صوتية في ثانية واحِدة، وتتحـرّك الموجات الصوتية في الهواء بـسرعة تقـترب من 343 متراً في الثانية، ويتمّ قـياس التردُّدات باستخدام وحدات مثل: «الهرتز» و«الميغاهرتز» التي يُشار إليها بـالرمز (MHz)، و«الجيجا هرتز» التي يُشـار إليها بالرمز (GHz)... إلخ، حيث يمكننا أنْ نسمع أصواتاً تتراوح درجاتُ تردُّدها بين 20 و 20000 هرتز.



طبقة صوت منخفضة



طبقة صوت مرتفعة

تُبيِّن لنا هذه الصورة نوتةً موسيقية لها نفس التردُّد، ولكن مع مراعاة اختلاف ارتفاع الصوت.

طبقة الصوت

طبقـــة الصوت هي عدد الذبذبـــات التي تَصدُر عن آلة ما في الثانية، وهذا بالضّبـــط ما يوضّح درجة ارتفاع أو انخفاض الصوت، فمثلاً تقوم الطيور بإصدار أصوات ذات طبقة صوت عالية، في حين تقوم الأُسُود بإصدار أصوات ذات طبقات صوت منخفضة. والطريقة التي يستخدمُها الدِّماغ لترجمة تردُّد الأصوات الصادرة تُعرَفُ بطبقـــة الصوت. وكلما زادت سرعة الذبذبـــات التي تَصدُر عن الأصوات، كلما كانت طبقـــة هذه الأصوات مرتفعة، ولهذا فإنه عندما يكون التردُّد ضعيفاً، فإنّ الصوت يكون ضعيفاً أيضاً. وترتبـط طبقـة الصوت ارتبـاطاً وثيقاً بالتردُّد، غير أنّ التردُّد وحده لا يُحدِّد طبقة الصوت، فعند ملاحظة الأصوات التي يقع تردّدها تحت معدل 1000 هرتز، نجد أن طبقة الصوت تكاد تكون أعلى من التردُّد، والعكس صحيح بالنسبة للأصوات التي فوق 1000 هرتز. تؤثّر شـدّةُ ارتفاع الصوت على طبقة الصوت حتى حوالي 1000 هرتز، كما تؤدّي الزيادة في شـدة الصوت إلى انخفاض معدّل طبقة الصوت، حيث تكون طبقـة الصوت مستقـلةً عن ارتفاعه في الأصوات التي يتراوح تردّدها بين 1000 و 3000 هرتز. أمّا مع الأصوات التي يفوق تردّدها 3000 هرتز، فإنّ الزيادة في شـدّة الصوت تُؤدّي إلى زيادة في طبقته.

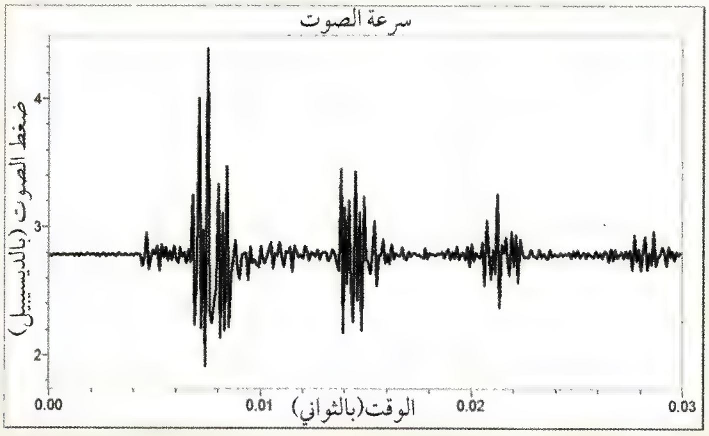
وعلى سبيل المثال، فإنّ صوت المرأة أو صوت الطفل، يتميّز بأنه رخيم، بعكس صوت الرجل الذي يكون أجشّ عموماً، كما أنّ الصوتَ الذي يَصدُر عن الكنار أو البلبـل يتميّز بـأنه لطيفٌ وشـجيٌّ، في حـين أنّ الصّوت الذي يَصدُر عن الغراب أو الأسد، يكون مُزعجاً. إلى جانب ذلك، تتغيّر طبقة الصوت عندما يكون مصدرُ الصوت، أو مَن يلاحظ الصوت أو كلاهما، في حركة متناسبة.



على الرغم من أنّ طنين البعوضة منخفضٌ في شدته، إلا أنه يتمتع بطبقة صوتٍ عالية.

سُرعة الصّوت
Speed of Sound

يُقصَد بسرعة الصوت سرعة انتقال الأصوات الصغيرة داخل الأداة الناقلة (الوسيط)، فالصوت هو إحساسٌ ينشأ في الدماغ البشري، استجابةً للمُدخَلات الحسية التي تقوم الأذنُ الداخلية باستقبالها، كما أنَّ سرعة الصوت هي فعل فيزيائيٌّ ثابت لأيِّ نوعٍ من أنواع الأدوات الناقلة عند درجة ضغط ودرجة حرارة معينة. وتجدر الإشارة أنَّ سرعة الصوت ليست ثابتةً بشكلٍ دائم، لأنّ الصوت -بحد ذاته- هو أحد أشكال الطاقة الحركية المتنقلة من جُزيء إلى آخَر. وكلما كانت الجُزيئات شديدة القُرب من بعضها البعض بشكل مترابط، كلما قلَّ الوقت المستغرَق في انتقال الأصوات من أحدها إلى الآخَر، وكلما كان أسرع انتقالاً من غيره. لذا، فإنّ الصوت ينتقل في المواد الصُّلبة بشكل أسهل من انتقاله في المواد السائلة، وذلك لأنَّ الجُزيئات تكون أكثر تماسكاً، والروابط التي بينها تكون أكثر متانةً في المواد الصُّلبة عن تلك التي في المواد السائلة، كما أنّ معظم المواد السائلة والمواد الصلبة تكون سرعةُ الصوت فيها أكبر من تلك التي في الهواء على مستوى البحر. ويرجع سبب ذلك جزئيًّا إلى أنَّ الموجات الصوتية التي تنتقل في الهواء تنشأ بسبب الضغط، في حين أن الموجات الصوتية التي تنتقل في المواد الصُّلبة والمواد السائلة، تنشأ نتيجة حركة الجُزيئات الجانبية، وهي إحدى الظواهر التي تنتشر بسرعة كبيرة. إنَّ زيادة سرعة الصوت في السوائل والمواد الصلبة مقارَنةً بالغازات، ترجع -في الأساس- إلى حقيقة أن السوائل والمواد الصلبة، تكون- غالباً - أكثر كثافةً من الغازات، كما أنّ سرعة الصوت أبطأ كثيراً من سرعة الضوء، وهي حقيقةٌ نلاحظها جميعاً. وينطبق الأمر نفسه على كل ما يتعلّق بالعَواصِف الرَّعدية، حيث يقترن حدوث البرق مع حدوث الرعد، إذ غالباً ما نشاهد البرق توًّا وفي لحظة حدوثه، في حين أنَّ صوت الرعد يأتي متأخّراً عنه ببعض الشيء.





إذا حدث البرقُ على مسافة كيلومتر واحد، فإنّ الرعد يصل توًّا في نفس اللحظة (300000/1من الثانية)، غير أن صوت الرعد يستغرق ثلاث ثوان حتى يصل إلينا، ونتمكن من سماعه.

إذا تساءلنا: «كم يحتاج المرء من الوقت ليسمع صوت الرعد؟»، وأردنا معرفة الإجابة، فعلينا أن نعرف أولاً مقدار المسافة التي تفصلنا عن مكان العاصفة، وكلما زادت المدّة التي نسمع بعدها الرعد، كلما بَعُدت المسافة التي ينتقل فيها الصوت، وكلما بَعُدت العاصفة. ينتقل وميض ضوء البرق بسرعة تصل إلى قرابة 300000 كيلومتر في الثانية، وهذا هو السبب في أننا نرى البرقَ قبل سماعنا للرعد. وإذا كُنْتَ من الذين يفضِّلون حساب المسافات بالأميال، فإن الصوت يستغرق حوالي خمس ثوانٍ لينتقل عَبْر ميلٍ واحد.

التجربة الرابعة

الهدف من التجربة : إمكانية رؤية الصوت.

إجراء التجربة:

المواد المطلوبة:

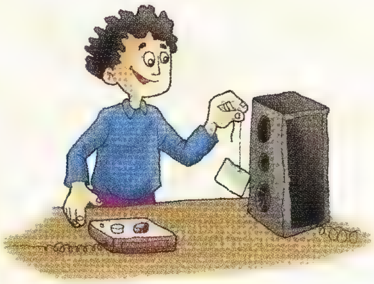
1-خيط-2 ورقٌ شفاف 3 -مكبّرات صوت

1



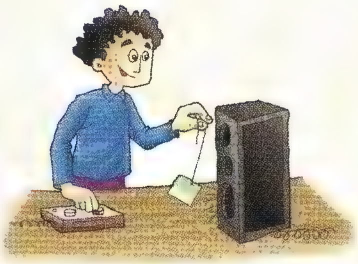
قُمْ بربط الخيط ببعض الورق الشفّاف.

2



قُم بتشغيل بعض الموسيقى الصاخبة، ثمّ ضَع الورق أمام مكبّرات الصوت، وراقِبْ ما يحدث.

3



قُم بعد ذلك بتشغيل أنواعٍ مختلفة من الموسيقى، ثم راقِبْ ما يحدث، وأعِد المحاولة مرّةً أخرى مع مراعاة تغيير درجة الصوت.

النتيجة: سوف يهتزّ الورق الشفاف، نتيجة تعرّضه لذبذبات الصوت الصادرة عن الموسيقى.

هل تعلم؟

- تصل سرعة الصوت في الجو الجاف وعلى مستوى سطح البحر، إلى حوالي 331.4 متراً في الثانية.
- تُعدّ درجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثّر في سرعة الصوت، من بين كل الظروف المُناخية.

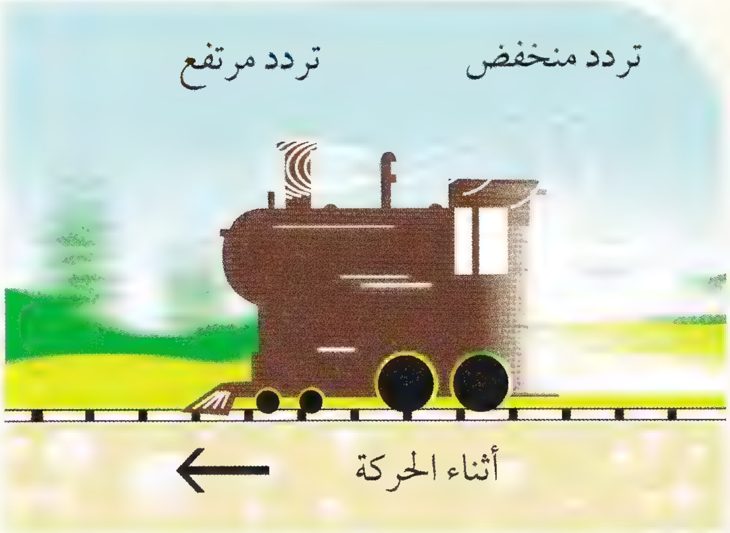
حاجز الصوت
Sound Barrier

حاجز الصوت هو السرعة التي تنتقل بها الموجات الصوتية، المكوّنة من الاهتزازات التي تقوم بإصدار الأصوات. وقد تمَّ قياس سرعة الصوت خلال هواء ساخن على مستوى سطح البحر، فبلغت كمّيته قرابة 346 متراً في الثانية الواحدة (حوالي 0.346 كلم في الثانية الواحدة). لذا، فلو افترَضْنا أنَّ طائرةً ما تنتقل بسرعة أكبر من هذه السرعة، فإنها ستكون أسرع وقد تكسر حاجزَ الصوت. وعندما تُسافِر الطائراتُ النفَّاثة بسرعة تفوق سرعةَ الصوت، فعندئذٍ نقول أنها قد كَسَرَتْ حاجزَ الصوت. وهذا بدوره يؤدّي إلى إحداث موجة صادمة أو دويٍّ صوت وتكوين سَحابة كثيفة مُلتفَّة حول الطائرة النفَّاثة. وتتكون هذه السحابة فعلياً من البخار الأبيض الكثيف الذي يتكوّن حول هذه الطائرة ذات السرعة الفائقة. والجدير بالذكر أن العلماء في الواقع لا يعرفون لماذا يحدث ذلك بشكل أكيد، إلا أنّ النظريات البارزة في هذا المجال تقول بحدوث انخفاضٍ حادٍّ ومفاجئٍ في الضغط الجوي، يُؤدّي إلى تكوين هذه السحابة من الهواء الرطب، وتهيئتها للتكاثف.



طائرةٌ نفَّاثةٌ تقوم بإطلاق سحابة بخار بيضاء بعد أن كسرت حاجز الصوت بالفعل.

ظاهرة دوبلر



تُعبِّر ظاهرة دوبــــلر عن التغيير الواضح في تـردُّد وطول الموجة الصوتية التي يتمُّ استقبـــــالُها بواسطة جهاز مراقبـة، متحـرّك ومجاور لمصدر الموجة. وقـــــد سُمِّيت هذه الظاهر بِاســـــم «كريستيان دوبلر»، وهو أول مَن اكتشفَ هذه الظاهرة عام 1842، حيث أكّدَ أن طبقة الصوت ترتفع كلما اقتربنا من مصدر الصوت، وتنخفض كلما ابتعدنا عن مصدر الصوت.

ومن الأمثلة الأكثر شيوعاً في هذا الخصوص: القطار، فعندما يقترب القطار نجد أن طبقة صوت صافرةِ القطار تكون أعلى من المعدّل الطبيعي، بشكل يُمكن للمرء من خلاله أن يسمع التغيير في طبقة الصوت أثناء عبور القطار من أمامه.

وينطبق الشيء نفسه فيما يتعلق بـ«أصوات سيّارات الشرطة ومحرّكات سيارات السباق»؛ حيث تَحدُث ظاهرة دوبـلر لأن المسافة تؤثِّر على مقدار الوقت الذي يستغرقه الإنسان لكي يسمع الصوت. تخيَّلْ أنك تلعب في الحديقة، وفجأة قام أحد أصدقائك بدَحرَجة الكرة نحوك، ماذا سيحدث؟ ستجد الكرة وصلت إليك بسرعة إذا رَكَضْتَ نحوَها، وسوف تتأخر في الوصول إليك إذا ركضْتَ بعيداً عنها. وينطبق هذا المعيار نفسه على الصوت أيضاً، فلو سمِعْتَ تردُّداً في وقت قصير، فإنك ستشعر وكأنك تسمع تردُّداً عالياً، بينما سيحدث العكس تماماً عندما تتسع المسافة بينك وبين مصدر الصوت. وهكذا، يمكن القول أنّ ظاهرة دوبلر قد جعلت طبقة الصوت تبدو وكأنها تتغيّر عندما تكون أنت أو مصدر الصوت متحرّكَيْن.



عالِم

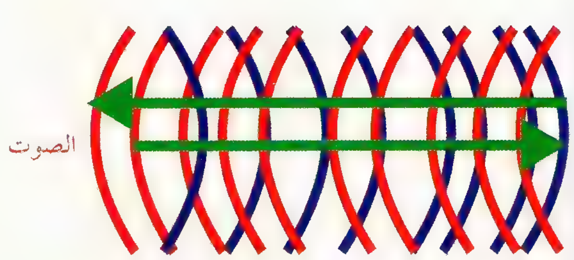
كريستيان دوبلر هو عالمُ الفيزياء النمساويُّ، الّذي اشتهرَ باكتشافه لـ«ظاهرة دوبلر»، حيث كان يقول إنه كلما اقترب الصوت منّا، فهذا يعني إما أن مصدرَ الصوت يقترب منّا أو أنّنا نتّجه نحو مصدر الصوت، الأمر الذي يجعل الصوت يبدو وكأنه أعلى مما هو عليه في الواقع. أمّا إذا كُنّا نتّجِه بعيداً عن مصدر الصوت، أو كان مصدر الصوت بعيداً عنّا، فإنّ الصوت سوف يبدو وكأنه أكثر انخفاضاً من طبقته الفعلية. وقد فسّرَ دوبلر ذلك بأن التغيُّر المستوعَب للتردُّد في الموجات الصوتية، يكون بسبب الحركة النسبية لمصدر الصوت والمراقِب. وقد مهَّدَت أفكار هذا العالم الطريقَ لفكرة أنَّ الكون يتمدَّد، وجعلت من الممكن أن يتمَّ تتبّع أنماط معينة من المُناخ، بتَتَبُّع موجات الراديو الكهرومغناطيسية.



كريستيان دوبلر

انعكاس الصوت
Reflection of Sound

انعكاس الصوت هو حركة رُجوع أو ارتداد الموجات الصوتية من السطح الذي اصْطدَمْت به لبُرهة، في حين أنّ القوانين الهندسية المنظِّمة لانعكاس الموجات الصوتية، هي نفسَها القوانين الهندسية التي تحكم انعكاس الضوء، حيث تتضمّن الفروق الظاهرة فقط بعض الأمور مثل درجات قياس الموجات، لأن متوسّط طول الموجة الصوتية يفوق طول الموجات الضوئية بحوالي 100000 مرّة، وعندما ينعكس الصوت من سطح متقوِّسٍ بشكلٍ مُعيَّن، فإنّ هذا الإنعكاس يسمَّى «القطع المكافئ»، حيث يعود إلى الخلف في خطٍّ مستقيم. والجدير بالذكر أنّه يتمُّ تصميم عدد كبير من المسارح على شكل القطع المكافئ لكي يصل الصوت مباشرةً إلى المشاهدين، بدلاً من أن يتجوّل بشكل دائريٍّ حول أركان المسرح، أمّا إذا كان هذا القطع المكافئ مُغلقاً بسطحٍ آخَر متقوِّسٍ، فإنّ هذا الشكل يُسمَّى: «القطع الناقص». ويُعدّ انعكاس الصوت من الظواهر الشيّقة الموثوق بها، والتي تُسمَّى أيضاً بـ«صدى الصوت»، وصدى الصوت هو صوتك عندما يعود مرةً أخرى وتسمعه بأذنك، ويحدُث عندما تنعكس موجةٌ صوتيةٌ وتصل إلى أذن المرء في ثانية واحدة، بعد سماع الموجة الصوتية للصوت الأصلي. إنّ الصوت الذي تسمعه يُجلجل في قاعة من قاعات العرض بعد أن تتوقف الفرقة الموسيقية مثلاً عن العزف، يَحدُث بسبب انعكاس الصوت من خلال الجُدران وبعض الأشياء الأخرى، حيث تظلّ الموجة الصوتية تَجُول في كل أرجاء الحُجْرة، أو تُحدِثُ صدًى حتى تتبدّد كلُّ طاقتها.

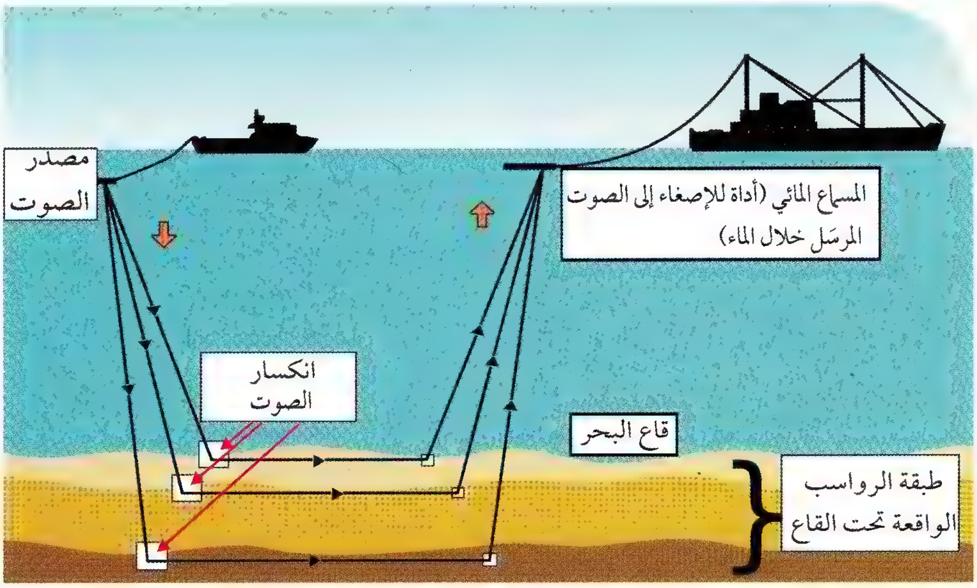


تُعدّ الموجةُ المائية أحد الأمثلة على انعكاس الصوت.

انكسار الصوت

عندما يقوم الصوت بتغيير الأداة الناقلة، أو يدخل في موادَّ مختلفة، فإنه ينحرف عن اتجاهه الأصلي. وهذا التغيير في زاوية الاتجاه يُسمَّى: الانكسار. يَحدُث الانكسار عندما يَدخل الصوت إحدى الأدوات الناقلة الجديدة بزاوية معينة، وبسبب هذه الزاوية، فإن جزءاً من الموجة يدخل في وسَطٍ جديد ويُغيّر سرعته، حيث تُسبِّب الفروق في السرعات انحراف الموجات الصوتية.

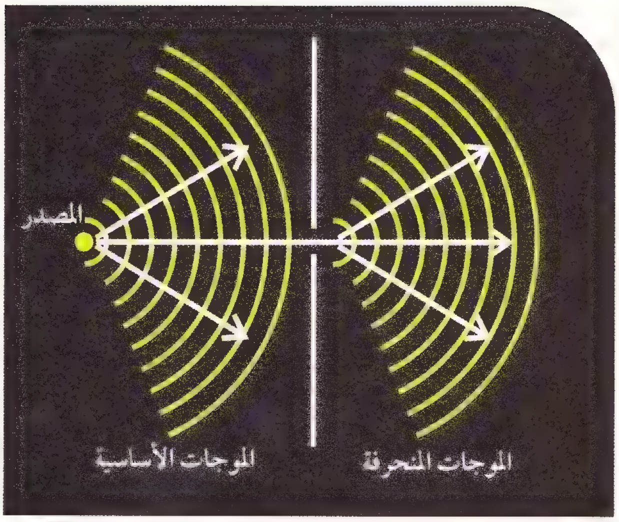
وتتّضِح ملاحظة هذه الأمور بشكلٍ كبير في المواقف التي تمرُّ فيها الموجاتُ الصوتيةُ خِلال أدوات ناقـلة ذات خصائص مُتغيّرة بشكلٍ تدريجي، فعلى سبيل المثال: من المعروف أن الموجات الصوتية تنكسر عندما تنتقل فوق الماء، وحتى لو كانت الموجات الصوتية لا تغيِّر الأدوات الناقلة بالضبط، فهذا لا يمنع من أنها تنتقل من خلال هذه الأدوات بخصائص متغيّرة بشكلٍ مُستمرّ، ولهذا فإنّ الموجة تنكسر وتقوم بتغيير اتجاهها. وحيث أنَّ الماء له تأثيرٌ مُلطِّفٌ لحالة الضغط الجوي، فإنّ الهواء الذي يتواجد فوق الماء مباشرةً، يكون أكثر برودةً من الهواء الأعلى في هذه الطبقة. وتنتقل الموجات الصوتية ببطء أكثر، في الهواء الأكثر برودةً، عن تلك التي في الهواء الأكثر دفئاً. ولهذا السبب، فإنّ جزء الموجة الأمامي الذي يوجد فوق الماء مباشرةً يتحرّك ببطء، بينما يتحرّك جزء الموجة الأمامي البعيد عن الماء إلى الأمام بسرعة.



صورة توضح انكسار الصوت في عرض البحر.

انحراف الصوت

انحراف الصوت هو انحراف ضغط الموجات الصوتية حول عوائق في طريقها أثناء الانتقال، أو انحرافها أثناء مرورها خلال ثقوبٍ ضيّقة للغاية، حيث يتضمّن ذلك تغَيُّرَ اتجاه الموجة الصوتية عند مرورها من فتحة، أو حول حاجزٍ من حواجز الصوت التي تعترض طريقها. ويمكن ملاحظة انحراف الصوت بشكلٍ واضح في حياتنا اليومية، حيث أننا نلاحظ انحراف الصوت عند جوانب الغُرف والأماكن، أو من خلال فتحات الأبواب، بشكلٍ يسمح لنا بسماع الآخرين الذين يتحدّثون بجِوارِنا في الغُرَف المجاورة. وقد استفادت العديد من الطيور التي تعيش في الغابة من مزايا قُدرة الموجات الصوتية على انحراف أطوالها، فالبوم – على سبيل المثال – يُعدّ من الطيور القادرة على التواصل عَبْرَ المسافات الطويلة، ويرجع ذلك إلى أنَّ أصواتها ذات الموجات الصوتية الطويلة



قادرةٌ على الانحراف حول كل أشجار الغابة، حيث تقوم هذه الطيور بأداء صَيْحات متواصلة من النَّعيب ذات موجات صوتية طويلة جدًّا، يمكنها أن تصل إلى مدًى أبعد من سقسقة الطيور الأخرى ذات الموجات الصوتية القصيرة. إلى جانب ذلك، فإنّ الأصوات ذات الطبقة المنخفضة يمكنها دائماً أن تبلغ مسافةً أكبر من الأصوات ذات الطبقة العالية، فعلى سبيل المثال: إذا كان هناك جهاز ستيريو يعمل في حجرة ذات باب مفتوحٍ، فإنّ الصوت الذي يقوم هذا الجهاز بإصداره سوف ينحرف عند جُدران الغرفة حول المناطق المفتوحة، وهذا الانحراف يُعرَف بانحرافِ الصوت. والملاحَظ أن كل أنواع الموجات تتعرض لهذا الانحراف دون استثناء، حيث لا ينحصر الأمر فقط على الموجات الصوتية، وبدون هذا الانحراف، فإنّ الصوت الصادر عن جهاز الستيريو يمكن أن يتمّ سماعه مباشرةً أمام الباب فقط. وبالتالي، يتكوّن الهواء في الممر في هيئة ذبذبات طولية ناتجة عن الموجات الصوتية لجهاز الستيريو، وهذا يعني أنَّ كل جُزيء من جُزيئات الهواء، يشكّل مصدراً من مصادر الصوت في حَدِّ ذاته. والنتيجة أنَّ كل جُزيء من هذه الجُزيئات يقوم بإصدار موجة صوتية، ويدفعها للأمام في شكلٍ دائري أمّا المُحصِّلة النهائية لهذا الأمر، فهو انحراف الصوت الناتج من الموجة الصوتية التي تمرُّ بجوار الممرّ.



تنحرف الموجات الصوتية الصادرة عن مكبّرات الصوت، حول أركان الغرفة كلها.

الرَّنين
Resonance

الرنين الناتج عن صوت ما هو واحـــدٌ من الخصائص التي يتّصِف بها الصوت عندما يكون عميقـــاً وعالياً، إلى جانب كونه السبب الشائع المسؤول عن إنتاج الصوت في الآلات الموسيقية. ويعدّ أنبوب الرنين أحد أفضل نماذج الأمثلة على الرنين في الآلات الموسيقية، وهو أنبوب أسطواني الشكل يتمّ مَلْؤه جُزئيًّا بالماء، وإجباره على الذبذبة بواسطة شوكة رنَّانة، أمّا الشوكة الرنَّانة فهي الجسم الذي يدفع الهواء إلى دخول الأنبوب الرنّان ليُحدِثَ الرنين. وعندما تتذبذب أجزاء الشوكة الرنَّانة في مستوى تردُّدها الطبيعي، فإنها تقوم بإصدار موجات صوتية ترتطم بفتحات الأنبوب الرنّان، وتقوم بإدخال الهواء داخل هذا الأنبوب لكي يتذبذب بنفس مستوى التردُّد، إلاّ أنّه في غياب الرنين، لا نجد صوت هذه الذبذبات كافياً بدرجة تُمكِّن المرء من إدراكه. ويَحدُث الرنين فقط عندما يبدأ الجسم الأول بالذبذبة على مستوى التردُّد الطبيعي للجسم الثاني، ومن الأمثلة عليه: المُحرّك الذي يُسبِّب الرنين في قطعة من الأثاث في مكان آخر في نفس المنزل. ويَحدث هذا الرنين لأنَّ قطعة الأثاث هذه لها تردُّدها الطبيعي المساوي للتردُّد الذي أحدَثَه المُحرِّك. ويُمكن أن نقول وقتها أنّ الأثاث متجاوبٌ مع المحرّك، كما يُمكن ملاحظة الرنين أيضاً في السيّارات عندما تُحدِثُ بعض مِنْفَضات رماد السجائر صوت هدير، خلال انطلاق السيارة على سرعة معينة، حيث تُصبح مِنْفضة السجائر متجاوبةً مع حركة مُحرِّك السيارة عند هذه السرعة. وينطبق الأمر نفسه، عندما يَقْرعُ أحدُنا الجرسَ، فإنه ينطلق في الرنين، ثم يحاول أن يرجع إلى الوضع الطبيعي له، ولكن بسبب القوة الدافعة، يستمرّ في المرور بجوار الوضع الأول والثاني، حتّى تتبدّد هذه الطاقة فيتوَقّف.



يُمكن توضيح مفهوم الرنين بملاحظة أوتار الغيتار. فعندما يتم النَّقْر عليها، تحاول هذه الأوتار الرجوع إلى مكانها الطبيعي، وهو مكان استقرارها. ولكن بسبب القوة الدافعة، تستمر الأوتار في الحركة في الاتجاه المعاكس، ثم تحاول أن تستقر في مكانها الطبيعي مرة أخرى، إلا أن القوة الدافعة تمنعها من ذلك حتى تتبدّد هذه الطاقة تماماً، فتتوقف الأوتار.

هل تعلم؟

- اشتُقت كلمة (الرنين) من الكلمة اللاتينية (resound)، والتي تعني: ترجيع الصوت.
- يَحدث الرنين أو الترجيع في جوٍّ غير منظمٍ، عندما تكون إحدى قنوات نقل الصوت مغلقة والأخرى مفتوحة.

صدى الصوت

يَنتُج الصدى نتيجةَ انعكاسات كثيرة للصوت في الحجرة. وإذا افترَضْنا أنَّ مكبّرات الصوت لجهاز الستيريو لها مسارٌ مباشر، تقوم الأصواتُ بالتحرّك من خلاله لتغطّي أُذن المرء، فإنّها ليست الطريقة الوحيدة التي يقوم بها الصّوت بالوصول إلينا، إذ يمكن للموجات الصّوتيّة أن تأخذ ممرّات أطول من ذلك بقَدْرٍ يَسير من خلال الانحراف سواء على الحائط أو سقف الحجرة قبل أنْ تصل إلى آذاننا. إنَّ استمرار الصوت المسموع حتى بعد أن يتوَقّف مصدرُ الصوت عن إخراج الصوت، هو ما يُعرَف بِصَدى الصوت، حيث يُعرَف بأنه مجموعةٌ من انحرافات الصوت من السطح في مكان مُغلَق مثل: قاعة الاجتماعات العامة أو المسارح. وعندما يتمّ إصدار الصوت في فضاء مُغلَق، فإنّ العديد من الانعكاسات الصوتية تتكوّن وتمتَزِج بعضها ببعضٍ، مُولِّدةً ما يُعرَف بـ «صدى الصوت»، الذي يشكّل البيئة السمعية التي تحيط بالصوت. ويتكوّن الصدى من سلسلة مترابطة بشكلٍ مُحكَمٍ من الترَدُّدات، حيث يلعب عدد مرات التردّد الصوتي، والطريقة التي يتلاشَى بها الصوت دوراً مهمّاً جدّاً في تشكيل الصوت الذي نسمعه، إلى جانب العديد من العوامل الأخرى التي تؤثّر في صوت ما داخل فضاءٍ متذبذب. ومن بين هذه العوامل: الأبعاد الحقيقية لهذا الفضاء (الطول والعرض والارتفاع)، وبُنية الفضاء، وانتشار الصوت (من أيِّ مكانٍ يتردّدُ الصوت). والجدير بالذكر، أنّ الناس في أغلب الأوقات يُفضِّلون استخدامَ تأثيرات صدى الصوت عند سماع أو صناعة موسيقى مُسجّلة أو حيّة.



صدى الصوت هو تكرار الصوت الناتج من انعكاس الموجات الصوتية.

طاقة الصَّوت وضغط الصَّوت

Sound Power and Sound Pressure

تُشكّل طاقة الصوت وضغط الصوت اثنين من المميّزات الواضحة للصوت، ورغم ذلك فإنهما أيضاً من المفاهيم التي يختلط فهم الناس لها، ذلك أنّ هذين المفهومين يَستخدِمان نفس وحدة القياس وهي الدِّيسِّيبيل (dB). ويُعدّ مصطلح «مستوى الصوت» من المصطلحات الشائع استخدامها بدلاً من طاقة الصوت وضغط الصوت، ذلك أنّ طاقة الصوت هي السبب، وضغط الصوت هو النتيجة.

ولفهم هذا الأمر، نستعرض المثال التالي:

يقوم السخّان الكهربائي بنشر الحرارة في أرجاء الغرفة، فتُصبِح درجة الحرارة هي النتيجة لهذا الفعل. ودرجة الحرارة هي أيضاً الكمُّ الفيزيائي الذي يجعلنا نشعر بالحرارة أو البرودة، حيث تعتمد درجة حرارة الغرفة على الغرفة نفسها بشكلٍ واضح مثل: خاصِّية العزل الحراري، وما إذا كانت هناك مصادر أخرى للحرارة موجودة أو لا، في حين أنّ السخَّان يقوم ببَثِّ نفس الطاقة، وهو مُستقِلٌّ بشكلٍ عمَليٍّ عن البيئة التي يعمل فيها. والعلاقة بين طاقة الصوت وضغط الصوت شبيهةٌ بهذا المثال، فما نسمَعُه من أصوات هو ضغط الصوت، ولكنه ناتجٌ عن طاقة الصَّوت الناتجة عن مصدر الصوت.



يتميَّز مُكبر الصوت ذو السماعتين بأنّ له ضغطاً صوتياً مرتفعاً.

طاقة الصوت

طاقة الصوت هي الطاقة السَّمعية الناشئة عن مصدر الصوت، وهي من القِيَم المُطلَقة، ولا تتأثّر بالبيئة المحيطة. ويَشِعُّ إجمالي الطاقة الصوتية بواسطة مصدر للصوت لِكُلِّ وحدة زمنية، والتي يتمُّ التعبير عنها بـ«الإِرغ» (إحدى وحدات الطاقة) لكل ثانية، أو أحياناً بـ«الواط». وتُعرف أيضاً بالطاقة السمعية. وترتبط مستويات الطاقة الصوتية بمصدر الصوت بمعزل عن المسافة، كما يتمُّ التعبير عن الطاقة الصوتية أيضاً باستخدام الدِّيسيبيل.

ويمكن فهم العلاقة بين الطاقة الصوتية ومصدر الصوت من خلال المعادلة التالية:

$$Lw = 10 \log (W/Wo)$$

حيث يشير الرّمز (Wo) إلى الطاقة المرجعية، في حين أنّ مستوى المرجعية الطبيعي هو 10^{-12} واط. وتُحسَب الطاقة الصوتية على أنها طاقة الصوت الإجمالية الصادرة عن مصدرٍ في كل الاتجاهات بالواط (جول واحد لكل ثانية).



يُعدّ صوت الطائرة النفّاثة، التي تبلغ قوة صوتها 105 واط و 170 ديسيبيلاً، من أعلى الأصوات التي يعرفها الإنسان حالياً على سطح الأرض.

مستوى ضغط الصوت

ضغط الصوت هو ضغط الحركة الصوتية في محيط ما، حيث لا تتأثر شدَّتُه فقط بقوّة مصدر الصوت، ولكن أيضاً بالبيئة المحيطة، والمسافة بينه وبين مصدر الصوت أو مُستقبِل الصوت. وضغط الصوت هو تلك الأصوات التي تصِل إلى آذانِنا ونسمعها، إلى جانب الأشياء التي تقيسُها وحدات قياس الصوت، والتي تُحدِّد في النهاية ما إذا كان التصميم يُحقِّقُ جودة الصوت أم لا. وباختصار، يمكن تعريف ضغط الصوت بأنه القوة (N) لصوت مساحة سطح ما (m^2) بالتّعامُد على اتجاه الصوت. أما وحدات القياس الدولي لضغط الصوت، فهي: N/m^2 أو Pa .

ويُعرَف مستوى قوة الصوت أيضاً بمستوى الطاقة السَّمعيّة. وهو وحدةُ قياسٍ لُوغارِتْمِيّة لِقوّة الصوت، مقارنةً بمستوى مَرجعيٍّ مُحدَّد. وقد أُعطِيَ مستوى قوة الصوت الرمز (L_w)، كما يُمكن أن يُقدَّر مستوى القوة الصوتية في فراغٍ ما، عندما تكون هناك معلوماتٌ مُتاحةٌ وكافِيَةٌ عنها من (L_w) للمُحرِّك، والخصائص السَّمْعِيّة لهذا الفراغ. وتتطلّب المعادلة السمعية الصحيحة استخدام المحرِّك (L_w)، بحيث يتمُّ بيانه منفصلاً عن باقي الروابط الثمانية. والجدير بالذكر أنّ كل مستوى ذي روابط ثمانية، يكون مختلفاً في العادة. فضلاً عن ذلك، تتغيّر الخصائص الصوتية للحُجرة أيضاً باختلاف التردُّدات، وحيث أنَّ أدوات قياس الصوت تستجيب لضغط الصوت، فإنّ الدِّيسّيبيل يقترن بقياس مستوى ضغط الصوت دائماً. ويختلف مستوى ضغط الصوت بشكلٍ جَذْريٍّ عن المَصدَر، كما يقلّ أيضاً كنتيجة للعوامل التي تُعيق تَقَدُّمَه كالحواجز وامتصاص الهواء والريح وغيرها من العوامل الأخرى.



يرتفع مستوى ضغط الصوت كثيراً في الطائرات.

أريد أن أعرف عن الصوت

تشكّل العلوم واحدة من أهمّ المواد التعليميّة الأساسية التي يحتاج المرء إلى التعرّف عليها وفَهمها والإحاطة بها في كل وقت ومكان للتخصُّص والإلمام بكثيرٍ من مجالات الحياة المُختلفة، وهي على أهمّيتها لا تخلو من التّعقيدات والصّعوبات التي توصِل الفرد إلى مرحلة الإرباك - في بعض الأحيان - نظراً للكمّ الهائل من المفاهيم والحقائق الذي تتضمّنه.

من هنا، تتناول هذه السّلسلة جميع أشكال العلوم المعروفة من فيزياء وكيمياء وتكنولوجيا... إلخ، بطريقة مُبسّطة وشيّقة لا تقتصِر على توضيح الأفكار والمعلومات التي تتضمّنُها فحَسْب، بل وتُسهّل عملية الفَهم والإدراك لدى القارىء أيضاً.

كلّ هذا من خلال صُوَرٍ شيّقةٍ وايضاحاتٍ هامّةٍ وتجاربَ حيّة تُخرِج بعض المفاهيم العلمية من الإطار النّظري الضيّق.



تتضمّن هذه السِّلسلة:

- الطيران
- الإنسان الآلي
- جسم الإنسان
- الأرض
- القوة والحركة
- المواد الكيميائية
- الحرارة
- التكنولوجيا
- تكنولوجيا النانو
- الصوت
- المحيطات والأنهار
- الجبال
- الزلازل والبراكين

ISBN 978-614-408-386-4
9 786144 083864

Learning
Riyadh, Tel: 966-1-4623049
Beirut, Tel: 961-1-856656